

⑯ 日本国特許庁 (JP) ⑯ 特許出願公開
 ⑰ 公開特許公報 (A) 昭56-156738

⑯ Int. Cl.³
 C 22 C 29/00 1/05 29/00 識別記号 105 C B Q C B Q 行内整理番号 6411-4K 6735-4K 6411-4K ⑯ 公開 昭和56年(1981)12月3日
 発明の数 4
 審査請求 有

(全 9 頁)

⑯ 高硬度工具用焼結体およびその製造法 気工業株式会社伊丹製作所内
 ⑯ 発明者 矢津修示
 ⑯ 特 願 昭56-38159 伊丹市昆陽字宮東1番地住友電
 ⑯ 出 願 昭51(1976)12月21日 気工業株式会社伊丹製作所内
 ⑯ 特 願 昭51-154570の分割 ⑯ 出 願人 住友電気工業株式会社
 ⑯ 発明者 原昭夫 大阪市東区北浜5丁目15番地
 伊丹市昆陽字宮東1番地住友電 ⑯ 代理人 弁理士 上代哲司

明細書

1. 発明の名称

高硬度工具用焼結体およびその製造法

2. 特許請求の範囲

(1) 立方晶型窒化硼素を体積%で80~20%含有し残部が周期律表第4a, 5a, 6a族遷移金属の炭化物、窒化物、硼化物、硅化物もしくはこれ等の混合物または相互固溶体化合物を第1の結合相とし、Al, Si, Ni, Co, Fe または、これらを含む合金、化合物を第2の結合相として、該第1、第2の結合相が焼結体組織中で連続した結合相をなし、前記4a, 5a, 6a族金属の化合物が結合相中の体積で50%以上であることを特徴とする高硬度工具用焼結体。

(2) 連続した結合相をなす化合物又は混合物が周期律表第4a族のTi, Zr, Hfの炭化物、窒化物、炭窒化物を主体としたものからなる特許請求の範囲(1)項記載の焼結体。

(3) 連続した結合相をなす化合物がWCを主体としたものからなる特許請求の範囲(1)項記載の焼結

体。

(4) 連続した結合相をなす化合物が周期律表第4a族のTi, Zr, Hfの炭化物、窒化物、炭窒化物を主体としたものからなり、焼結体中にAlもしくはSi、もしくはこの双方を重量で0.1%以上20%以下含有することを特徴とする特許請求の範囲(1)項記載の焼結体。

(5) 立方晶型窒化硼素粉末と周期律表第4a, 5a, 6a族遷移金属の炭化物、窒化物、硼化物、硅化物もしくはこれ等の混合物または相互固溶体化合物の粉末、及びAl, Si, Ni, Co, Fe またはこれらを含む合金、化合物の粉末を混合し、これを粉末状でもしくは型押成型後、超高压装置を用いて高压、高温下で焼結せしめることを特徴とする立方晶型窒化硼素を体積%で80~20%含有し、残部が周期律表第4a, 5a, 6a族遷移金属の炭化物、窒化物、硼化物、硅化物、もしくはこれ等の混合物、または相互固溶体化合物が結合相中で体積で50%以上であり、更にAl, Si, Ni, Co, Fe 又はこれらを含む合金、化合物からなり、これらの化合物が

焼結体組織中で連続した結合相をなす高硬度工具用焼結体の製造法。

(6) 立方晶型窒化硼素粉末と周期律表第4a族のTi,Zr,Hfの炭化物、窒化物、炭窒化物をそれぞれ $MC_{1\pm x}, MN_{1\pm x}, M(C, N)_{1\pm x}$ の形で表わしたときに(MはTi,Zr,Hfの金属を示し、Xは原子空孔または相対的に過剰の原子の存在を示す) $1\pm x$ の値が0.97以下0.40以上であるこれ等化合物の粉末、及びAl, Si, Ni, Co, Feまたは、これらを含む合金、化合物の粉末を混合し、これを粉末状でもしくは型押成型後、超高压装置を用いて高压、高温下で焼結せしめることを特徴とする立方晶型窒化硼素を体積%で80~20%含有し、残部が周期律表第4a族のTi,Zr,Hfの炭化物、窒化物、炭窒化物を主体とした化合物が結合相中で50体積%以上であり、更にAl, Si, Ni, Fe, Co及びこれらを含む合金、化合物からなり、これらの合金、化合物が焼結体組織中で連続した結合相をなす高硬度工具用焼結体の製造法。

(7) 周期律表第4a族のTi,Zr,Hfの炭化物、窒化物

-3-

3. 発明の詳細な説明

立方晶型窒化硼素(Cubic BN以下CBNと略す)はダイヤモンドに次ぐ高硬度の物質であり、超高压高温下で合成される。現在既に研削用砥粒として使用されており、また切削用途にはCBNを金属Coなどで結合した焼結体が一部に使用されている。このCBNを金属で結合した焼結体は切削工具として使用した場合、結合金属相の高温での軟化による耐摩耗性の低下や、被削材金属が溶着し易い為に工具が損傷するといった欠点がある。本発明は、このような金属で結合した焼結体でなく、高強度で耐熱性に優れた硬質金属化合物を結合相とした切削工具等の工具用途に適した新らしいCBN焼結体に関するものである。

CBNは工具材料として見た場合に、高硬度であると共に、熱伝導率が極めて高いという特徴を有している。切削工具を例として考えると、切削時の刃先温度は他の条件が同じであれば工具材料の熱伝導度が高いほど低くなり、工具の摩耗に対して有利となる。またフライス切削等の断続的な切

-5-

物、炭窒化物をそれぞれ $MC_{1\pm x}, MN_{1\pm x}, M(C, N)_{1\pm x}$ の形で表わしたときに(MはTi,Zr,Hfの金属を示し、Xは原子空孔または相対的に過剰の原子の存在を意味する) $1\pm x$ の値が、0.97以下0.40以上であるこれ等化合物粉末にAl粉末又はSi粉末またはこれらの化合物粉末の双方を加え600℃以上の温度で真空もしくは不活性ガス雰囲気中で、これ等を反応せしめM-Al,M-Si相図上に存在する金属間化合物を生成させ、立方晶型窒化硼素粉末と上記したAl, Siを含む化合物粉末を主体とした粉末を混合し、これを粉末状もしくは型押成型後、超高压装置を用いて高压、高温下で焼結せしめることを特徴とする立方晶型窒化硼素を体積%で80~20%含有し、残部が焼結体組織中で連続した結合相をなす化合物とからなり、該化合物は周期律表第4a族のTi,Zr,Hfの炭化物、窒化物、炭窒化物を主体としたもので、焼結体中にAlもしくはSiもしくはこの双方を重量で0.1%以上20%以下含有せる高硬度工具用焼結体の製造法。

-4-

削を行なう場合は、工具に加熱、急冷の熱衝撃が加わり、これによる熱き裂が生じる。この場合においても工具の熱伝導度が高い場合は工具表面と内部の温度差が小さくなり、き裂が発生し難くなる。発明者等は、このようなCBNの優れた特徴を生かして、更に切削工具等の工具に要求される高強度の焼結体を得ることを目的としてCBNと種々の耐熱性化合物の複合焼結体を作成した。目的とした複合焼結体を得る為の耐熱性化合物に要求される特性は、先ず高強度であること、及び複合焼結体とした場合に前記したCBNの有する熱伝導率が高いという特徴を維持する為に組合せる耐熱性化合物自体も熱伝導の高いものが要求される。このような耐熱性化合物としては周期律表第4a, 5a, 6a族遷移金属の炭化物、窒化物、硼化物、硅化物、又これらの混合物もしくはこれ等の相互固溶体化合物が考えられる。これ等の化合物に共通して言えることは硬度が高く、高融点であり、更にこれ等化合物が酸化物に比較して金属的な物性を有していることである。特に、これ等化合物

-6-

の熱伝導度は金属に近い値を示す。耐熱性や強度の点からみると酸化物の中で Al_2O_3 は優れた性質を有しており、常温近辺での熱伝導度も比較的に高いが、第1図に示すように高温下で熱伝導率が著しく低下する。これは切削工具等の高温での特性が問題になる用途では大きな欠点である。これに対して前記した化合物は第1図にその一例を示すように高温下ではむしろ熱伝導率は高くなるものが多い。このようにして選択された耐熱性化合物と CBN の複合焼結体を製造する方法は、先ず、CBN粉末と、この耐熱性化合物粉末の1種もしくは2種以上をボールミル等の手段を用いて混合し、これを粉状でもしくは常温下で所定の形状に型押成型し、超高压装置を用いて高圧、高温下で焼結する。用いる超高压装置はダイヤモンド合成に使用されるガードル型、ベルト型等の装置である。発熱体には黒鉛円筒を用い、その中にタルク、 $NaCl$ 等の絶縁物をつめて CBN の混合粉末型押体を包む。黒鉛発熱体の周囲にはバイロフェライト等の圧力媒体を置く。焼結する圧力、温度条件は第

-7-

用する場合は焼結体中の CBN相量は体積%で40%以上であることが望ましく、CBN相量は用途によつて変えることができる。第3図は本発明による体積で60%の CBN残部が TiNよりなる焼結体の組織を示したもので、1500倍拡大の顕微鏡写真である。

図中黒く見える CBN粒子の間隙には白く見える相の TiNが侵入して完全にち密な焼結体となつており、TiN相は連続して CBN粒子の結合相となつてゐる。このような組織を呈する理由は、高温下で CBNに比し相対的に変形し易い TiNが焼結中に CBN粒子間に侵入していく為と考えられる。

工具としての用途を考えると、本発明焼結体の CBNの結合相耐熱性化合物としては周期律表第4a族に属する遷移金属、即ち Ti, Zr, Hfの炭化物、窒化物及びこれ等相互の固溶体化合物、または周期律表第6a族中の Wの炭化物、WCが特に好適である。これ等は現在切削工具等に用いられるWC基超硬合金やサーメットの硬質耐摩耗性成分として使用されており、耐摩耗性に優れ、高強度の化

-9-

2図に示した立方晶型窒化硼素の安定領域内で行なうことが望ましいが、この平衡線は必ずしも正確には分つておらず、一つの目安にすぎない。又 CBNと組合わせる耐熱性化合物の種類によつて条件は変え得る。

本発明による焼結体の非常に注目すべき、また本発明を有用ならしめる特徴として前記耐熱性化合物が焼結体組織上で連続した相をなすことが挙げられる。即ち、本発明の焼結体では強靭な耐熱性化合物が、あたかも WC-Co 超硬合金中の結合相である金属 Co 相の如く、高硬度の CBN粒子間の隙間に侵入して連続した結合相の状態を呈し、このことにより焼結体に強靭性が付与せしめられたものである。このような組織を有する焼結体を得る為には CBNの含有量を体積で 80%以下とする必要があることが実験の結果明らかになつた。本発明による焼結体中の CBN相量の下限は体積で 20%までである。これ以下では CBNの特徴を生かした工具としての性能が發揮されない。なおチルドロール等の高硬度材の切削に用いる工具として使

-8-

合物である。

Ti, Zr, Hfの炭化物、窒化物及びこれ等の相互固溶体が本発明の結合相耐熱化合物として優れている他の理由は、例えば窒化物を例にとると、これ等金属の窒化物は $MN_{1\pm x}$ の形で示され、(Mは Ti, Zr, Hfの金属を示し、xは原子空孔または相対的に過剰の原子の存在を意味する。) M-N 相図上で広い存在範囲を有する。焼結体の原料としてこの $MN_{1\pm x}$ のxが種々異なるものを使用して焼結体を試作した結果、xの値がある範囲内では特に優れた焼結性を有することを見出した。この理由について以下検討してみる。

工具材用として考えた時、特に切削工具用途では、焼結体の結晶粒の大きさは、数ミクロン以下が望ましい。

ミクロンまたはミクロン以下の微粉は、かなり多量の酸素を含有している。一般に、この酸素は粉末表面に、ほぼ水酸化物の形に近い化合物の形で存在するのが大部分である。この水酸化物の形に近い化合物は加熱時分解してガスとなつて出て

-10-

くる。焼結される物質が密封されていない時には、このガスを系外に出すのは困難ではない。しかし本発明の如く、超高压下で焼結する場合には、発生したガスは、加熱系外に脱出することは殆んど不可能である。一般にかかる場合には、予め脱ガス処理をする事が粉末冶金業界では常識であるが脱ガス処理温度が十分高く出来ない場合には問題である。本件は、まさにそれに当る。即ち CBNの低圧相への変態を考えると加熱温度に上限がある。

微粉末の脱ガス過程としては、温度と共に次の各段階がある。まず低温では物理吸着しているものと吸湿水分が除去される。次いで化学吸着しているもの及び水酸化物の分解が起る。最後に酸化物が残る。

CBNの場合 1000 °C位までは安定であるので、最低でもこの温度位には予め加熱出来る。従つて予め脱ガス加熱すれば残留ガス成分は酸化物の形で残つていると見てよい。逆に言えばガス成分はなるべく焼結体中に残したくないのだから、水および水蒸気を全て除去することは予備処理として

-11-

等化合物を原料とした場合に焼結性が優れていることを確認した。

本発明で使用するこれ等化合物の $(1 \pm x)$ の値の下限は大体 0.40 である。0.40 未満となるとこれ等化合物は単相ではなく Ti, Zr, Hf 等の金属相が共存した状態となり、この金属相量が多いと得られた焼結体の硬度が低下し、耐摩耗性が悪くなる。

本発明による焼結体では CBNの結合体として前記した耐熱性化合物を用いるものであるが、更に必要により耐熱性化合物以外の Ni, Co, Fe 等の金属相を第 3 相として含むものであつても良い。但し結合相の主となる成分は耐熱性化合物相でありこれ等金属相は焼結体中の体積比で耐熱性化合物相の量以下とする必要がある。それ以上では焼結体の耐熱性、耐摩耗性が低下し、工具としての性能が失なわれる。

また前記した耐熱性化合物以外 Al_2O_3 , MgO , AlN , Si_3N_4 等の化合物も結合相の副成分として本発明の焼結体の特徴を失なわない範囲で含有しても良い。また本発明による焼結体では CBNの合

行なうのが好ましい。

本発明では、この考え方の下に全て 1000 °C以上の脱ガス処理を真空中でしている。

$MN_{1 \pm x}$ を加えた時、何故焼結体として良好なものが得られるかは次の如くと考えられる。

即ち CBN粉末表面には酸化物、多分 B_2O_3 の形のものが存在する。

この B_2O_3 と $MN_{1 \pm x}$ の $(-x)$ 部分に相当する M が反応した場合には、



となりガスを発生しない。そして MO は MN と同一結晶構造を有し、相互固溶体を形成する。ここに $MN_{1 \pm x}$ で表わされる Ti, Zr, Hf 窒化物が特に優れた焼結性を示す理由があると考えられる。このことは窒化物に限らず、 $MC_{1 \pm x}$ の形で示される炭化物、又は $M(C, N)_{1 \pm x}$ で示される炭窒化物、又は M として 2 種以上の金属を含む上記した化合物についても言えることである。発明者等は $MN_{1 \pm x}$, $MC_{1 \pm x}$, $M(C, N)_{1 \pm x}$ の形で Ti, Zr, Hf の化合物を示した時に $(1 \pm x)$ の値が 0.97 以下のこれ

-12-

成に使用され、高温、高圧下で六方晶型窒化硼素及び CBNに対して溶解性を有すると信じられる元素、例えば Li 等のアルカリ金属、Mg 等のアルカリ土類金属、Pb, Sn, Sb, Al, Cd, Si 等を添加物として含むものであつても良い。

本発明の焼結体の原料として使用する CBNは六方晶型窒化硼素を原料として超高压下で合成されたものである。従つて CBN粉末中には不純物として六方晶型窒化硼素が残存している可能性がある。また、超高压下で焼結する場合においても、結合材が CBNの個々の粒子間に侵入するまでは CBN粒子は外圧を静水圧的に受けておらず、この間の加熱によって六方晶型窒化硼素へ逆変態を起す可能性もある。このような場合に前記した六方晶型窒化硼素に対して触媒作用を有する元素が混合粉末中に添加されていると、この逆変態を防止する効果があると考えられる。発明者等は、この考えに基いて特に Al, Si について効果を確認する実験を行なつた。Al, Si を添加する方法としては第 4 族の窒化物を例にとると、この $MN_{1 \pm x}$ なる化合物

-13-

-14-

で ($\pm x$) が 0.97 以下のものに Al 又は Si 又は、この双方を所定量加え混合した後、600°C以上に真空中又は不活性雰囲気中で加熱して $MN_{1\pm x}$ の相対的に過剰な M と Al 又は Si を反応せしめて $M-Al$, $M-Si$ 相図上に存在する金属間化合物（例えば M が Ti の場合 $TiAl_3$, $TiAl$ 等）を生成させ、この粉末を CBN と混合する結合材原料とした。

第 6 図に、 $Al-Ti$ の相状態図、第 7 図に $Si-Ti$ の相状態図を参考のために示す。

この方法では加えた Al , Si が結合材中に均一に分散した状態となり、小量の添加で、その効果が発揮される。別の方法としては、あらかじめ $M-Al$, $M-Si$ 間の金属間化合物粉末を作成して原料混合時に加えてもよい。これは結合材化合物を炭化物、炭窒化物とする場合も同様である。このようにして作成した Al , Si を添加した焼結体と、これ等を含まない焼結体を比較してみた。

焼結体を研磨して組織観察を行なうと Al , Si を含む焼結体の方が研磨面において CBN 粒子が焼結体より剥離することが少なく、CBN 粒子と結合相

-15-

との結合強度が強いと考えられる。また切削工具として性能を比較すると、やはり Al , Si を含有する方が耐摩耗性、韌性ともに優れていた。尚、このような効果が現れるのは焼結体中に重量 % 以上の Al 又は Si を含む場合であった。

Al 又は Si の含有量の上限は焼結体中に重量で 20 % までであり、それ以上では焼結体の硬度が低下し、耐摩耗性が悪くなる。特に Al 又は Si が過剰で焼結体の結合相中に純粹な Al , Si の形態で存在すると焼結体の硬度は著しく低下する。従つて Al 又は Si は結合材の他の化合物形成金属 (Ti , Zr , Hf など) と金属間化合物を形成するか、又は添加された他の金属 (Co , Fe , Ni など) に固溶もしくはこれ等と金属間化合物を形成する量に限定されるものである。

本発明による焼結体は高硬度で強韌性を有し、耐熱、耐摩耗性に優れており、切削工具以外に線引きダイスや皮剥ぎダイス、ドリルビット等の工具用途にも適したものである。

以下、実施例を述べる。

-16-

実施例 1

平均粒度 7 μ の CBN 粉末を用いて、これを体積で 60 %、残部が第 1 表のものからなる混合粉末を作成した。

第 1 表

No	結合材体積 %	圧力 Kb	温度 °C
A	TiN 0.73 35 %, Al ₃ Ti 5 %	40	1100
B	TiN 0.73 38 %, Ni 2 %	40	1200
C	TiN 0.97 20 %, Ni 20 %	40	1200

この混合粉末にカンファーを 2 % 加え、外径 10 mm、高さ 1.5 mm に型押成型した。これをステンレス製の容器中に挿入した。この容器を真空炉中で 10^{-4} mmHg の真空中で 1100 °C に 20 分間加熱して脱ガスした。これをガードル型超高压装置に装入した。圧力媒体としてはバイロフィライドを、ヒーターとしては黒鉛の円筒を用いた。尚、黒鉛ヒーターと試料の間は NaCl を充てんした。これを第 1 表に示した条件で焼結した。保持時間は 30 分である。得られた焼結体は外径約 10 mm、厚さは約 1 mm であった。これをダイヤモンド砥石

-17-

で平面に研削し、更にダイヤモンドのペーストを用いて研磨した。X 線回折により結合相の状態を調べたところ、A の焼結体は結合相が TiN を主体とし、小量の Ti_2AlN , $TiAl$, $TiAl_3$ と思われる化合物からなつておあり、B の焼結体は TiN 以外に Ti_2Ni もしくは $TiNi$ 化合物が小量結合相中に分散していた。また C では結合相は TiC と金属 Ni 相からなつておいた。

実施例 2

平均粒度 1 μ の $TiN_{0.73}$ 粉末と平均粒度 3.0 μ の Al 粉末を重量で各々 90 %, 10 % の割合に配合し V 型ブレンダーを用いて混合した。この混合粉末を 1 t/cm² の圧力でベレットに型押成型し、真空炉中で 1000 °C に加熱し、30 分間保持した。これを粉碎して粉状とし X 線回折によつて調べたところ、TiN 以外に $TiAl_3$, $TiAl$ 及び Ti_2AlN と思われる回折ピークが得られ、金属 Al は検出されなかつた。この Al 化合物を含む TiN 粉末を体積で 40 % と、平均粒度 7 μ の CBN 粉末 60 % を混合し、Mo 製の容器に詰め、実施例 1 と同様に

-18-

して、先ず圧力を 55Kb にあげ、のちに温度を 1400 °C に上げ、30 分間保持したのち温度を下げる、圧力を徐々に下げる、外径 7 mm、高さ 3.5 mm の焼結体を得た。この焼結体をダイヤモンド線引きダイスを作成する場合と同様の加工方法を用いて穴径 1.0 mm のダイスに仕上げた。

比較の為に超硬合金及び市販されている金属 Co でダイヤモンド粉末を結合したダイヤモンド焼結体を用いて同一形状のダイスを作成した。このダイスを用いて W 線の線引きテストを行つた。ダイスに供給される W 線材を約 800 °C に予熱した条件下でテストした結果、本発明のダイスでは 3 ton の伸線が可能であつたが、超硬合金製ダイスでは 200kg、焼結ダイヤモンドダイスは 1 ton の伸線量でいずれもダイスが摩耗して寿命となつた。

実施例 3

平均粒度 1 μ の Ti (C_{0.4}, N_{0.4})_{0.8} 粉末に重量で平均粒度 30 μ の Al₂ 粉末を 2 % 加え、以下実施例 2 と同様にして Al₂ 化合物を含む Ti (C, N) 粉末を作成した。この粉末と平均粒度 4 μ の

-19-

CBN 粉末を体積 % で各々 65 %, 35 % に配合し、実施例 1 と同様にして 10 mm, 厚み 1 mm の焼結体を作成した。但し、焼結時の圧力は 50Kb で温度は 1150 °C とした。焼結体をダイヤモンド切断刃を用いて切断し、切削チップを作成し、これを鋼の支持体に鍛付けした。比較のために平均粒度 3 μ の CBN を金属 Co で結合した市販品の CBN 焼結体で同一形状の切削工具を作成し、第 3 図に示す形状の SCr 3 種の熱処理した鋼を切削した。図において A は 3.2 mm, B は 1.2 mm, C は 1.96 mm、矢印はバイト D の切削方向を示す。

比較の為に金属 Co で CBN を結合した市販の CBN 焼結体で作成した工具もテストした。切削条件は切削速度 60 m/mm 切込み 0.15 mm, 送り 0.12 mm/rev である。切削テスト結果は、本発明焼結体では第 3 図の被削材を 20 本切削して未だ切削可能であつたが、比較の為に用いた市販の CBN 焼結体工具では 1 本切削した時点で刃先に欠けを生じた。

実施例 4

-20-

実施例 5

第 2 表

No	結合材 体 積 %	圧力 Kb	温度 °C
D	TiC _{0.97} 20%, TaN 5%, Al ₂ 5%, Ti 5%, Ni 10%	4 0	1250
E	TiC _{0.97} 20%, NbC 5%, Al ₂ 3%, Ti 3%, Ni 10%	4 0	1200
F	(Ti _{0.98} , Ta _{0.02})(C _{0.4} , N _{0.4}) 0.8 25%, Al ₂ 5%, Ni 10%	4 0	1200

平均粒度 3 μ の CBN 粉末を体積で 60 %、残部が第 2 表の組成の結合材粉末とを混合した。

以下実施例 1 と同様にしてステンレス製容器に入れた混合粉末を第 2 表の条件で焼結した。焼結体を研磨してマイクロビツカース硬度計を用いて硬度を測定したところ D, E, F は各々 2900, 2800, 2700 であつた。X 線回折により結合相の状態を調べたところ、D では TiC, TaN 及び金属 Ni, E では TiC, NbC, 金属 Ni, F では (Ti, Ta) (C, N) 相と金属 Ni 相の他に Ti, Al, Ni の化合物と思われる相が観察された。

実施例 6

平均粒度 4 μ の CBN 粉末と、平均粒度 1 μ の

-21-

-22-

$TiC_{0.95}$ 粉末及び平均粒度 0.3μ の Al_2O_3 粉末を体積 % でそれぞれ 60、20、20 の割合に配合した。以下実施例 1 と同様にして焼結体を作成した。超高压焼結時の圧力は 45Kb、温度は 1200 °C で 20 分間保持した。この焼結体で切削工具を作成し、実施例 3 と同様の性能テストを行なつた結果、第 3 図に示した焼入れ鋼の被削材を 20 本切削して未だ切削可能であつた。

4. 図面の簡単な説明

第 1 図は本発明の焼結体の特徴を説明するもので、CBN 及び各種化合物の熱伝導度の温度に対する変化を示したものである。

第 2 図は本発明の焼結体の製造条件に関するもので立方晶型窒化硼素の圧力、温度相図上での安定存在領域を示すものである。

第 3 図は本発明焼結体の効果を説明する切削性能テストに用いた被削材形状を示すもので、用いた工具及び切削テストの内容は実施例 3 に詳細を記した。

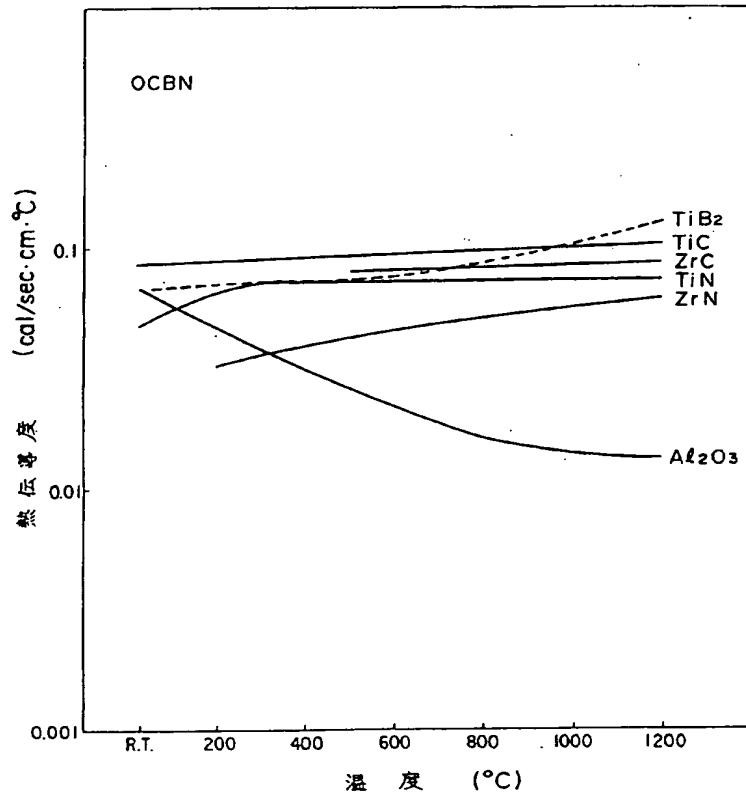
第 4 図は本発明焼結体の切削工具としての性能を

示すもので切削速度を変えた場合の一定工具摩耗量に達する時間を図示したものである。第 5 図は本発明の結合相の化合物である $Al-Ti$ 化合物を示す相状態図、第 6 図は同様に $Ti-Si$ 相状態図である。

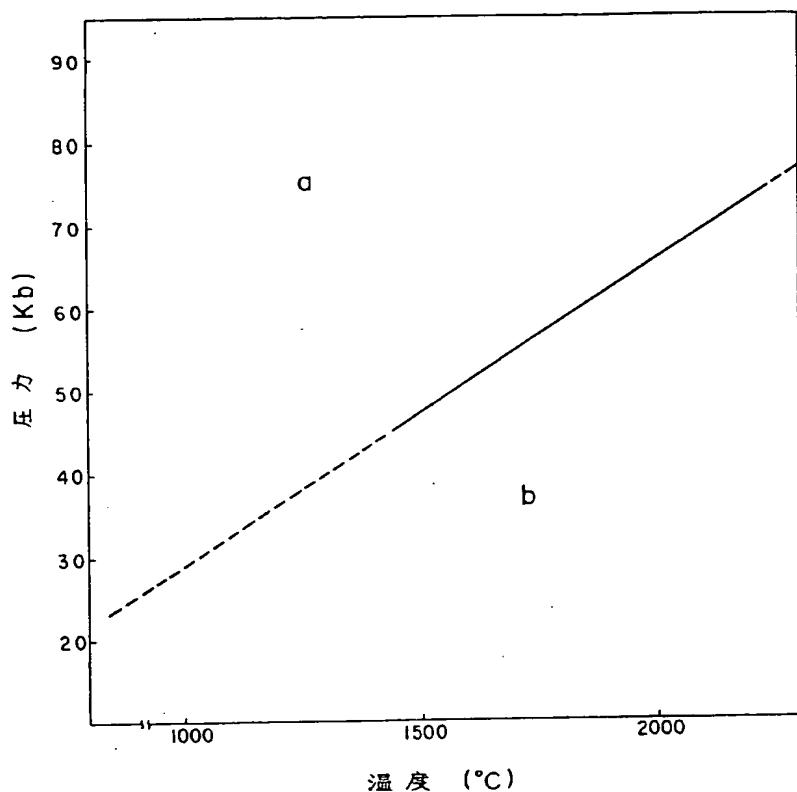
- a : 立方晶窒化硼素安定域
- b : 六方晶窒化硼素安定域
- 1 : 比較材
- 2 : 本発明焼結体

代理人 弁理士 上代哲司

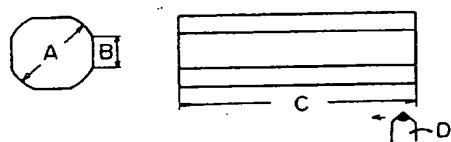
第 1 図



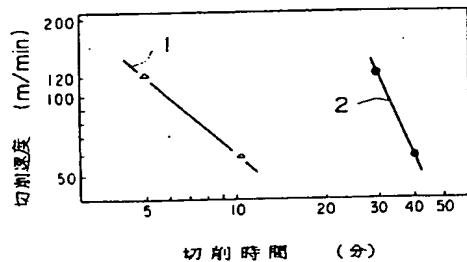
考2図



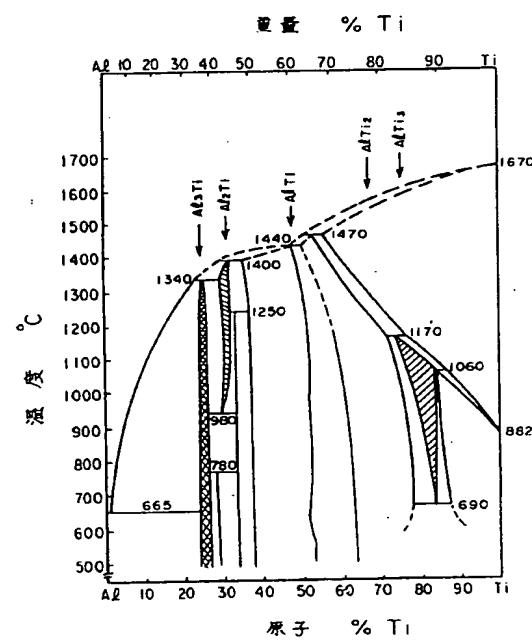
考3図



考4図



考5図



六六図

